

УДК 536.2

**В. Н. Черных, М. А. Денисов**

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

## **АКТУАЛИЗАЦИЯ АРХИВНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ВНИИМТ ДЛЯ ВАЛИДАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДИК РАСЧЕТА ГАЗОДИНАМИКИ ОГНЕВЫХ КАМЕР**

### **Аннотация**

*В данном исследовании были рассмотрены возможности и перспективы работы по актуализации экспериментов, проведенных в далеком прошлом. В качестве объекта исследования был выбран огневой стенд ВНИИМТ. Была проведена обработка опытных данных и выполнен расчет задачи в ANSYS CFX; результаты расчета сравнивались с результатами, полученными в ходе эксперимента. Были построены поля скоростей, температур, распределения линий тока газов, которые также сравнивались с полями, полученными по данным эксперимента. В работе рассматривалась возможность применения упрощенных моделей горелок при расчете задачи. Проведено сравнение результатов, полученных при расчете стенда с плоскопламенными горелками и их упрощенными моделями. Для получения адекватных результатов на компьютере небольшой мощности была проведена работа по оптимизации сеточного разбиения на модели огневого стенда.*

**Ключевые слова:** *стенд, актуализация, модель, результат, линии тока, горелка, картина.*

### **Abstract**

*In this study, the possibilities and prospects of work on updating the experiments conducted in the distant past were considered. As an object of research, the VNIIMT fire stand was chosen. The processing of experimental data was carried out and the task was calculated in ANSYS CFX; the results of the calculation were compared with the results obtained during the experiment. Fields of velocities, temperatures, and distribution of gas current lines were constructed, which were also compared with fields obtained from the experimental data. In the paper, the possibility of using simplified burner models in the calculation of the problem was considered. The results obtained in calculating the stand with flat-flame burners and their simplified models are compared. To obtain adequate results on a small computer, work was carried out to optimize the grid partitioning on the models of the fire stand.*

**Key words:** *stand, actualization, model, result, current line, burner, picture.*

Актуализация экспериментов, проведенных в далеком прошлом и представляющих ценность, имеет большое значение в наши дни. В эпоху развивающихся технологий, промышленного оборудования, глобальной информатизации общества важно иметь доступные способы и средства решения технических задач. Нынешний мир строится за счет капитала, и получить финансирование со стороны государства или частных лиц на создание экспериментальных установок, стендов, проведение опытов и т.п. становится все сложнее. Поэтому все большее применение находят виртуальные методы решения задач. Не требующие большого количества времени и средств, компьютерные технологии позволяют реа-

лизовать проведение эксперимента в специализированных пакетах программного моделирования, а также воссоздать эксперименты, проведенные в далеком прошлом. В частности, такие пакеты инженерного анализа, как ANSYS CFX, ANSYS Fluent, OpenFOAM, SolidWorks Simulation и др. позволяют создать модель реального объекта или интегрировать модель, созданную в стороннем графическом редакторе (Компас-3D, AutoCAD, SolidWorks), задать необходимые условия и решить задачу с предоставлением результатов в виде графиков, диаграмм, рисунков и таблиц.

Данная работа заключалась в актуализации экспериментов, проведенных на крупном огневом стенде во ВНИИМТ, в которых сравнивалась тепловая эффективность разных способов отопления огневых камер. На рис. 1, *а* показана геометрическая модель огневого стенда, построенная в графическом редакторе Компас-3D.

Большую роль при построении процессов в ANSYS CFX играет сеточное разбиение. Достаточно подробная сетка дает более точные результаты, однако требует больше оперативной памяти компьютера при расчете задачи. Поэтому важно найти тот баланс сеточного разбиения, при котором задачу можно будет решить на компьютере небольшой мощности и получить адекватный результат. Сеточное разбиение стенда (рис. 2, *б*) было подобрано оптимальным для получения точного результата и сопоставления его с экспериментальными данными.

Решена задача теплообмена и гидродинамики в камере стенда, отапливаемого сводовыми плоскопламенными горелками. Распределение линий тока газов из горелок в объеме камеры показано на рис. 1, *в*. Из рисунка видно, что поток газов на выходе из горелок сначала распределяется по поверхности свода камеры и затем поступает в ее объем.

Металлургические устройства нагрева со сводовым отоплением используют большое число одинаковых плоскопламенных горелок. Поэтому расчеты реальных агрегатов требуют больших затрат времени на свое проведение. Затраты времени многократно возрастают при расчете агрегатов с нестационарными режимами работы. Одним из возможных способов экономии вычислительных ресурсов может быть замена реальной геометрии горелок на упрощенную, которая не потребует подробного сеточного разбиения. Такая замена показана на рис. 2.

Из рисунка видно, что у упрощенной конструкции горелки количество расчетных узлов резко сократилось. При построении сетки для стенда с упрощенными моделями горелок задавались большие плотность и сглаживание, что позволило получить более точные результаты при расчете.

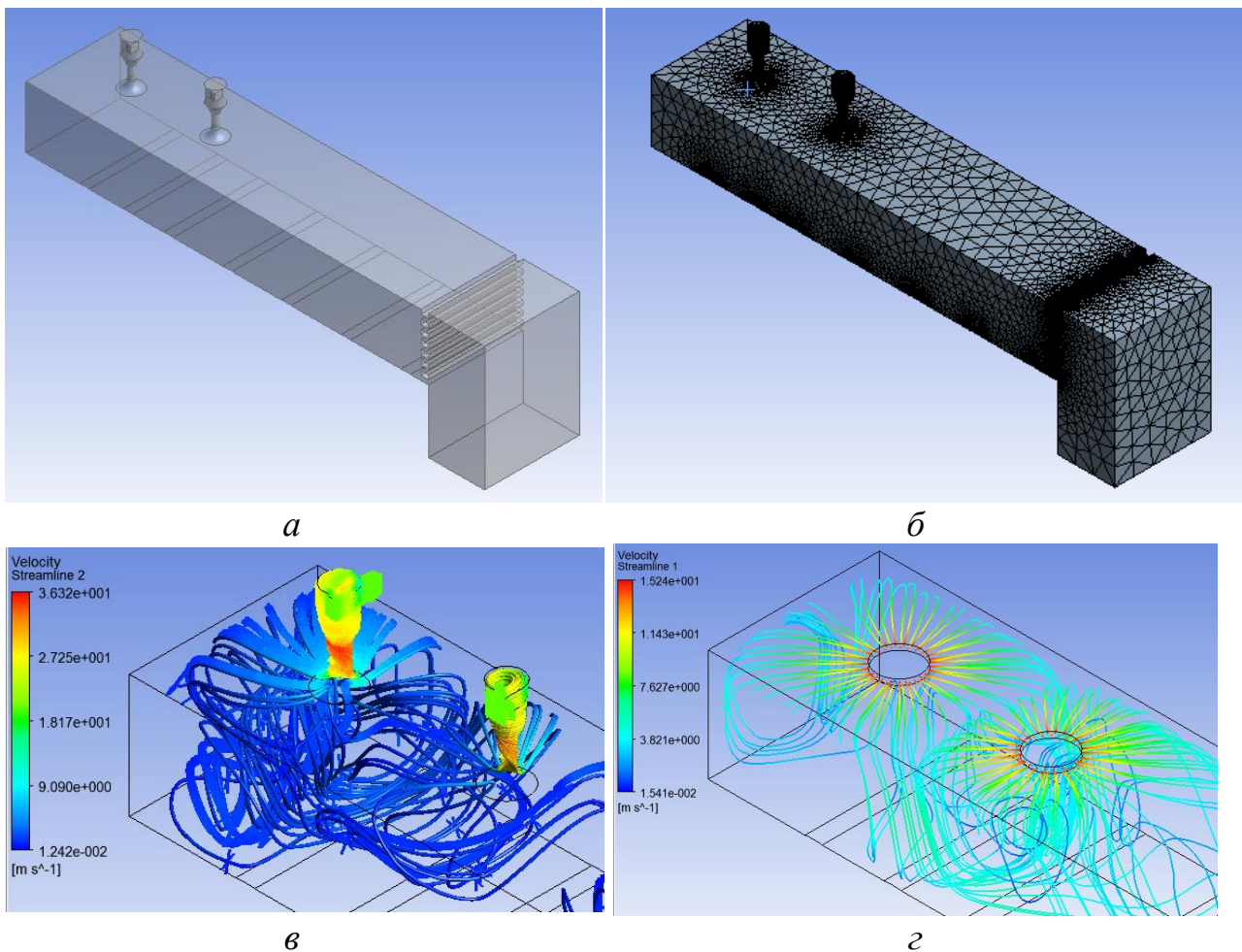


Рис. 1. Визуализация геометрической (*а*) и сеточной (*б*) моделей огневого стенда ВНИИМТ и линий тока газов в камере от плоскопламенных горелок ГР (*в*) и их упрощенных моделей (*г*)

На рис. 1, *г* показана картина распределения линий тока газов с использованием упрощенных моделей горелок. Данная картина качественно совпадает с той, что была получена при решении задачи с реальными моделями горелок (рис. 1, *в*).

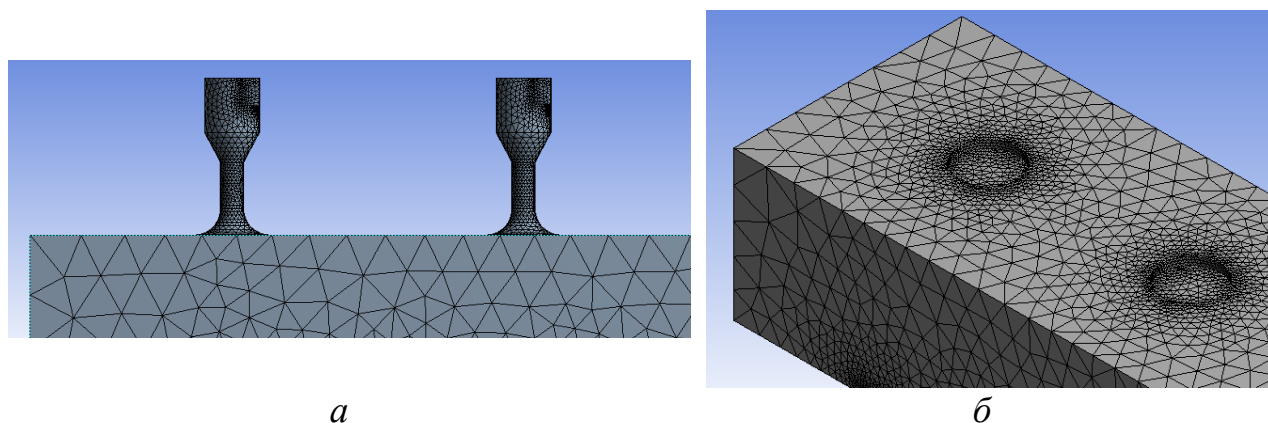


Рис. 2. Сеточное разбиение плоскопламенных горелок ГР (*а*) и их упрощенных моделей (*б*)

Далее в ходе решения задачи в ANSYS CFX с упрощенными моделями горелок было получено поле распределения скоростей, показанное на рис. 3, б. Было проведено сравнение полученного результата с результатом эксперимента.

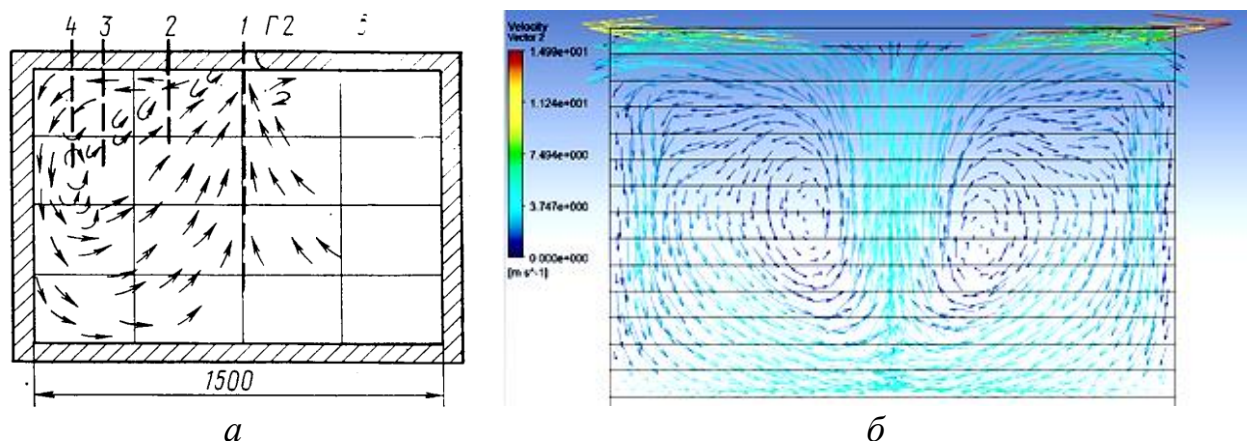


Рис. 3. Сравнение картин движения газов в камере под горелкой Г2, полученных экспериментально при холодной продувке стенда (а) и в расчете с упрощенной моделью горелки (б)

Сравнение распределений скорости продуктов горения в сечениях стенда, показанных на рис. 2, а, показало качественное совпадение кривых, полученных измерениями при холодной продувке стенда, измерениями при горении факелов горелок, расчетами с действительной и упрощенной моделями горелок.

Значения скоростей в сечениях 1, 2, 3 и 4 (рис. 3, а), полученных в ходе эксперимента, совпали со значениями, полученными в результате расчета задачи в ANSYS CFX.

### Список использованных источников

1. Экспериментальные исследования теплообмена и гидродинамики при сводовом отоплении нагревательных печей. Сообщение 1 / М.А. Денисов, Г.А. Михалев, В.П. Зайцев // Известия вузов. Черная металлургия. 1981. №12. С. 79-83.
2. Экспериментальные исследования теплообмена и гидродинамики при сводовом отоплении нагревательных печей. Сообщение 2 / М.А. Денисов, Г.А. Михалев, В.П. Зайцев // Известия вузов. Черная металлургия. 1982. №2. С. 90-94.
3. Денисов М.А. Учебно-справочный комплекс тепловых расчетов в пакете ANSYS Multiphysics для проектирования в металлургии // Создание высокоэффективных производств на предприятиях горно-металлургического комплекса. – Екатеринбург: Уральский рабочий, 2013. С. 93-94.
4. Денисов М.А. Разработка учебно-справочного комплекса проектного моделирования в пакете ANSYS Workbench // Создание высокоэффективных производств на предприятиях горно-металлургического комплекса. – Екатеринбург: Уральский рабочий, 2013. С. 95-96.